بررسی تاثیر کلات‌کننده‌ها بر سرب قابل استفاده در ریزوسفر آفتابگردان در یک خاک آهکی

محمد رحمانیان [۱]، علیرضا حسین پور [۲]، حمیدرضا متقیان [۳]، ابراهیم ادهمی [۴]
۱- دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشگاه شهرکرد، ۲- استادگروه علوم خاک دانشگاه شهرکرد ۳- استادیار گروه علوم خاک دانشگاه شهرکرد، ۴- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه یاسوج

چکیده
خصوصیات بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی محیط ریزوسفر از جمله فراهمی عناصر در آن با توده خاك متفاوت است. این پژوهش به منظور بررسی تاثیر EDTA، اسید سیتریک و عصاره کود مرغی بر سرب قابل استفاده در ریزوسفر و توده خ اك در حضور گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. EDTA و اسید سیتریک در سطوح غلظتی صفر، ۵/۰ و ۱ میلي‌مول بر کیلوگرم خاک و عصاره کود مرغی در سطوح غلظتی صفر، ۵/۰ و ۱ گرم بر کیلوگرم خاک استفاده شدند. برای بررسی تغییرات زیست‌فراهمی سرب از روش‌های مختلف عصاره‌گیری (آب مقطر، مهلیچ ۳، AB-DTPA و DTPA-TEA) استفاده شد. نتایج نشان دادند که ریزوسفر تأثیر معنی‌داری بر مقادیر سرب قابل استخراج در خاك داشت. بیشترین مقدار سرب زمانی که اسیدسیتریک به خاک اضافه شده و کمترین مقدار آن زمانی که عصاره کود مرغی به خاک اضافه شده، عصاره‌گیری شد.

واژه های کلیدی: توده خاك، ریزوسفر، سرب، فراهمی.

مقدمه
امروزه در جوامع صنعتی فلزات سنگین در خاك از طریق فعالیت‌های بشری و فرسایش طبیعی وارد خاک شده و در طولانی مدت محیط زیست و سلامت انسان را به خطر می‌اندازد. فراهمی فلزات سنگین برای گیاهان در خاك به مقدار طبیعی آن عناصر در محلول خاك و ارتباط آنها با عناصر موجود در فاز جامد خاك بستگی دارد. واکنش عناصر غذایی با سطوح فاز جامد خاك به طبیعت فیزیکی و شیمیایی آن سطح و ترکیبات آلی و غیر آلی سازنده ذرات آن سطح بستگی دارد (Barber, ۱۹۹۵). عوامل شناخته‌شده مؤثر بر فراهمی فلزات برای گیاهان خصوصیات شیمیایی شامل pH، CEC ، پتانسیل اکسایش- کاهش، بافت خاك، مقدار رس و ماده آلی می‌باشند (Violante et al., ۲۰۱۰).

برای به دست آوردن اطلاعات جزیی از فراهمی فلزات در خاك و رسوبات از روش‌های مختلف عصاره‌گیری استفاده می‌شود. تعیین اشکال شیمیایی مختلف در بخش‌های مختلف خاك، برای ارزیابی تغییرات تحرك فلزات مختلف تحت خصوصیات متغیر شیمیایی خاك، از اهمیت زیادی برخوردار است (Savonina et al., ۲۰۰۵). روش‌های عصاره‌گیری بر تعیین اشکال شیمیایی فلزات همراه با فازهای ژئوشیمیایی خاك تمرکز دارند که در آن ها از برهم کنش‌های زیستی درون خاك، به ویژه برهم کنش خاك- گیاه چشم‌پوشی می‌شود و بیش تر در این واکنش‌ها اشکال فلزات، تغییر شکل، جذب و تجمع توسط گیاهان تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Feng et al., ۲۰۰۵).

ریزوسفر به عنوان ناحیه در برگیرنده ریشه‌های فعال مؤثر بر ویژگي‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک در نظر گرفته مي‌شود (Chen et al., ۲۰۰۶). در خاک ریزوسفری ویژگي‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی متفاوت از توده خاک هستند. این ویژگي‌های متفاوت بر جذب عناصر بوسیله گیاهان مؤثر هستند و به دلیل مجاورت خاک در این ناحیه با ریشه پدید آمده‌اند (Marshner, ۱۹۹۵). گسترش ناحیه ریزوسفر تحت تأثیر نوع و گونه گیاه، سن گیاه و بافت خاك می‌باشد. ترشحات ریشه‌ای هم از طریق نشت مواد و هم از طریق ترشح فعال آزاد می‌شوند. در بین فرآیندهای بسیاری که در ریزوسفر رخ می‌دهند، ترشحات ریشه‌ای بیشتر مورد توجه‌اند و اثر مهمی بر میکروارگانیسم‌های خاك و نیز سرنوشت عناصر در خاك دارند (Jones et al., ۲۰۰۴).

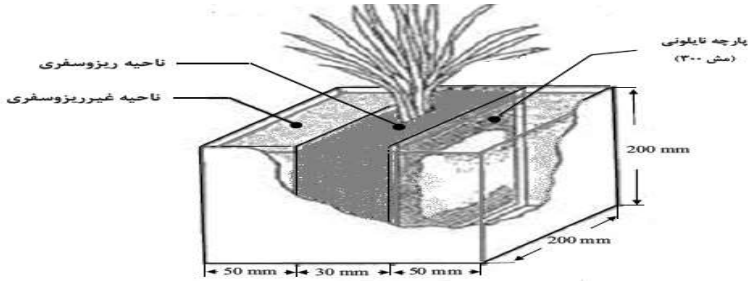
محدود کردن رشد ریشه‌ها با حجم معینی از خاك سبب افزایش تراکم ریشه‌ها شده و نمونه برداری از خاك ریزوسفری را آسان می‌کند. عمل محدود کردن ریشه‌ها معمولاً با استفاده از صفحاتی از جنس استیل ضد زنگ، نایلون یا مواد مصنوعی دیگر انجام می‌شود. این صفحات اجازه عبور آب، گاز و پخشیدگی مواد غذایی را می‌دهند به نحوی که زندگی گیاه تحت تأثیر قرار نگیرد (مشیری، ۱۳۸۸). یکی از وسایلی که به طور گسترده برای مطالعه تغییرات در ریزوسفر استفاده می‌شود ریشه‌دان (rhizobox) می‌باشد (Jaillard et al., ۲۰۰۲) که در آن خاك با استفاده از یک مش ریز جداسازی می‌شود و اجازه می‌دهد که خاك را در فاصله‌های معین تعریف شده از سطح ریشه با برش‌های مساوی جمع آوری کرد (Wenzel et al., ۲۰۰۱).

آفتابگردان به خاطر تولید زیست‌توده بالا و تحمل غلظت بالای فلزات‌سنگین در محلول خاک و همچنین قابلیت انباشت مقادیر زیادی از فلزات‌سنگین به طوری وسیعی در پژوهش‌های گیاه‌پالایی مورد استفاده قرار گرفته است (Lasat, ۲۰۰۲). بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی تاثیر کلات‌کننده‌ها بر سرب قابل استفاده در ریزوسفر آفتابگردان در یک خاک آهکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این پژوهش، یک نمونه خاک از لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک‌های واقع در نزدیکی معادن سرب و روی در جنوب شهر اصفهان جمع‌آوری شد. نمونه خاک هوا خشک شده و پس از عبور از الک ۲ میلی‌متری، به منظور بررسی‌های آزمایشگاهی آماده شد. اندازه‌گیری تعدادی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه از جمله: بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, ۱۹۸۶)، pH خاک در سوسپانسیون ۱:۲ آب به خاک (Thomas, ۱۹۹۶)، EC در عصاره ۱:۲ آب به خاک (Rhoades, ۱۹۹۶)، کربنات کلسیم معادل (Loeppert and Suarez, ۱۹۹۶)، ظرفیت تبادل کاتیونی (Sumner and Miller, ۱۹۹۶) و مقدار ماده آلی به روش اکسیداسیون تر (Nelson and Sommers, ۱۹۹۶) تعیین شد. مقدار کل عنصر سرب با استفاده از اسید نیتریک ۴ نرمال (Sposito et al., ۱۹۸۲)، و مقدار سرب قابل استفاده در خاک با استفاده از عصاره‌گیر DTPA-TEA (Lindsay and Norvell, ۱۹۷۸)، اندازه‌گیری شد.

این پژوهش در ریزوباکس انجام شد. ریزوباکس‌های مورد استفاده دارای طول ۲۰۰ میلی‌متر، عرض ۱۳۰ میلی‌متر و ارتفاع ۲۰۰ میلی‌متر شامل سه بخش می‌باشند. بخش مرکزی یا ناحیه ریزوسفری (دارای عرض ۳۰ میلی‌متر) با استفاده از پارچه نایلونی از دو بخش غیر ریزوسفری (دارای عرض ۵۰ میلی‌متر) جدا می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- طرحی از ریزوباکس مورد استفاده در این تحقیق

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد انجام شد. در ابتدا عناصر غذایی لازم به خاک هر گلدان اضافه و رطوبت گلدان‌ها به حد ظرفیت زراعی رسانده شد. سپس ۵ بذر در عمق مناسب کاشته شده و پس از استقرار و سبز شدن کامل بذور در پایان هفته دوم، تعداد گیاهان به ۳ بوته تنک گردید. در طول دوره رشد گیاه، سعی شد رطوبت گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی نگهداشته شود. EDTA و اسید سیتریک در سطوح غلظتی صفر، ۵/۰ و ۱ میلی‌مول بر کیلوگرم خاک (Karczewska et al., ۲۰۱۱) و عصاره کود مرغی در سطوح غلظتی صفر، ۵/۰ و ۱ گرم بر کیلوگرم خاک (Tahmasbian and Safari Sinegani, ۲۰۱۳) به همراه آب آبیاری به طور منظم در طول دوره کشت به گلدان‌ها اضافه شد. بخش هوایی گیاهان ۱۰ هفته پس از کاشت برداشته شد و ریزوباکس‌ها باز و خاک بخش مرکزی (خاک ریزوسفری) با استفاده از الک کردن از ریشه‌ها جدا و در نهایت ریشه‌های باقیمانده در خاک ریزوسفری با استفاده از انبرک برداشته شد. در پایان پژوهش از تمامی تیمارهای آزمایشی نمونه‌های خاک تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه مقدار سرب قابل دسترس خاک‌های ریزوسفری و توده از روش‌های AB-DTPA (Soltanpour and Schwab, ۱۹۷۷)، DTPA-TEA (Lindsay and Norvell, ۱۹۷۸)، مهلیچ ۳ (Mehlich, ۱۹۸۴) و آب مقطر (Abreu et al., ۲۰۰۶) عصاره‌گیری و با دستگاه جذب اتمی (مدل جی بی سی، ۹۳۲) اندازه‌گیری شد. مطالعات آماری با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

برخی از ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول ۱، خاک بکار رفته در این پژوهش، خاکی با کلاس بافتی لوم شنی، غیرشور، آهکی و با واکنش قلیایی بود.

جدول ۱: برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی منتخب خاک مورد مطالعه

رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	$CaCo_3$ (٪)	ماده آلی (٪)	قابلیت هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	pH	سرب قابل استفاده $mg\ kg^{-1}$	سرب کل $mg\ kg^{-1}$	روی کل $mg\ kg^{-1}$	مس کل $mg\ kg^{-1}$
۱۸	۲۵	۵۷	۳۲	۸۲/۰	۴۴/۰	۲/۸	۳/۶	۲۵۰	۸۵۰	۲۵

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کلات کننده‌ها و محیط و اثرات متقابل آنها بر سرب عصاره‌گیری شده با عصاره‌گیرهای مختلف معنی‌دار است (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس اثر کلات‌کننده‌ها بر سرب عصاره‌گیری شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	DTPA-TEA	AB-DTPA	مهلیچ ۳	آب مقطر
کلات	۸	۱۶۸**	۱۰۶**	۴۳۱**	۶۱/۲**
محیط	۱	۹۳/۹**	۶/۴۵**	۶۱۵/۰ ns	۷۹۸/۰**
کلات *محیط	۸	۰۲/۲**	۹۵/۱**	۲۵/۷**	۳۹۷/۰**
خطا	۳۶	۳۸۰/۰	۶۹۰/۰	۶۰/۱	۰۱۰/۰
%CV		۱/۶	۲/۷	۴/۳	۱۷

**، نشان‌دهنده معني‌دار بودن در سطح احتمال يك درصد، *، نشان‌دهنده معني‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد و ns، نشان دهنده نبود تفاوت معني‌دار در سطح آماری مي‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سرب عصاره‌گیری شده با روشهای مختلف در خاك تغییرات زیادی داشت که نشان دهنده مکانیسم متفاوت عصاره‌گیرها در استخراج این عنصر است (جدول ۳). دامنه تغییرات سرب عصاره‌گیری شده به روش DTPA-TEA ۱۹/۳ تا ۸۸/۲۰، AB-DTPA ۳/۵ تا ۷/۱۹، مهلیچ ۳ ۱۸/۲۴ تا ۱۷/۵۰ و آب مقطر ۲۵/۰ تا ۹۶/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در خاك‌های تیمارشده با کلات کننده‌ها، مقدار سرب عصاره‌گیری شده به ترتیب مهلیچ ۳> DTPA-TEA>> AB-DTPA> آب مقطر بود. همان طور که جدول ۳ نشان مي‌دهد بر اثر افزودن EDTA و اسید سیتریک به خاك، مقدار قابل استفاده عنصر سرب افزایش یافت، اما با اضافه کردن عصاره کود مرغی به خاک مقدار قابل استفاده عنصر سرب به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. سرب عصاره‌گیری شده با آب مقطر فقط زمانی که کلات کننده EDTA به خاک اضافه شده بود قرائت شد و در عصاره‌هایی که کلات کننده‌های اسید سیتریک و عصاره کود مرغی به خاک اضافه شده بود در محدوده تشخیص دستگاه جذب اتمی نبود. به طور کلی سرب عصاره‌گیری شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف در شرایط ریزوسفری تا حدودی کمتر از توده خاک بود. بیشترین مقدار سرب عصاره‌گیری شده مربوط به زمانی بود که کلات کننده اسیدسیتریک به خاک اضافه شده و کمترین مقدار زمانی بود که کلات کننده عصاره کود مرغی به خاک اضافه شده است.

متقیان و همکاران (۱۳۹۱) مس قابل استفاده را با استفاده از ۷ عصاره‌گیر شیمیایی در خاک‌های ریزوسفری و توده در تعدادی از خاک‌های آهکی تحت کشت گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) را تعیین کردند. همچنین، همبستگی بین غلظت مس را با مقادیر مس عصاره‌گیري‌شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف بررسی کردند و گزارش کردند که بین شاخص غلظت و مس عصاره‌گیري‌شده با روش‌های عصاره‌گیری AB-DTPA و مهلیچ ۳ در خاک‌های ریزوسفری و توده همبستگی معنی‌دار (P <۰۵/۰) وجود داشت.

متقیان و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی اثر ریزوسفر گندم بر مقدار روی قابل استفاده در ۱۰ نمونه خاک آهکی استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از ریزوباکس پرداختند. نتایج آنها نشان داد که مقدار روی عصاره‌گیری شده با استفاده از عصاره‌گیرهای مختلف شیمیایی در خاک‌های ریزوسفر گندم بیشتر از خاک‌های توده بود.

متقیان و حسین‌پور (۱۳۹۲) به بررسی روی قابل استفاده ریزوسفر لوبیا و توده ۱۰ خاک آهکی با استفاده از ریزوباکس در شرایط گلخانه‌ای پرداختند. مقدار روی عصاره‌گیری شده با استفاده از عصاره‌گیرهای شیمیایی (به جز مهلیچ ۱ و HCl) در خاک‌های ریزوسفری کمتر از خاک‌های توده بود. نتایج این تحقیق نشان داد که قابلیت استفاده روی در خاک‌های ریزوسفری متفاوت از خاک‌های توده است.

جدول ۲: نتایج مقایسه‌ی میانگین اثر کلات‌کننده‌ها بر سرب عصاره‌گیری شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف

نوع کلات	غلظت	DTPA-TEA		AB-DTPA		مهلیچ ۳		اب مقطر	
		ریزوسفر	توده	ریزوسفر	توده	ریزوسفر	توده	ریزوسفر	توده
	۰	۲۶/۱۰^{de}	۶۶/۱۰^{d}	۶۱/۱۰^{f}	۴۳/۱۲^{e}	۶۸/۳۷^{ef}	۶۴/۳۵^{f}	۲۷/۰^{d}	۲۵/۰^{d}
EDTA	۵/۰	۹۸/۸^{f}	۶۴/۸^{f}	۱۴/۱۱^{fe}	۴۵/۱۲^{e}	۵۲/۳۷^{ef}	۶۴/۳۸^{e}	۲۵/۰^{d}	۵۵/۰^{c}
(میلي‌مول بر کیلوگرم)	۱	۰۹/۷^{g}	۴۶/۹^{fe}	۸۶/۱۰^{f}	۷۶/۱۳^{d}	۳۹/۳۶^{f}	۱۷/۴۱^{d}	۹۷/۰^{b}	۹۶/۱^{a}
اسید سیتریک	۵/۰	۴/۱۶^{c}	۴۶/۱۷^{bc}	۹۶/۱۵^{c}	۲۲/۱۸^{b}	۹/۴۶^{c}	۹۷/۴۷^{bc}	-	-
(میلی‌مول بر کیلوگرم)	۱	۷۱/۱۷^{b}	۸۸/۲۰^{a}	۷۹/۱۵^{c}	۷/۱۹^{a}	۱/۴۹^{ab}	۱۷/۵۰^{a}	-	-
عصاره کود مرغی	۵/۰	۱۹/۳^{h}	۲۶/۳^{h}	۴۹/۵^{g}	۶۱/۵^{g}	۴۸/۲۴^{g}	۱۸/۲۴^{g}	-	-
(گرم بر کیلوگرم)	۱	۶۴/۳^{h}	۸۸/۳^{h}	۳/۵^{g}	۸۸/۵^{g}	۹۸/۲۴^{g}	۲۹/۲۵^{g}	-	-

میانگین‌های با حروف مشابه (حروف کوچک) در هر ستون و ردیف فاقد اختلاف معني‌دار در سطح ۵ درصد، -، در محدوده تشخیص دستگاه جذب اتمی نبود.

با افزودن عصاره کود مرغی به خاک مقدار قابل استفاده سرب عصاره‌گیری شده به طور معني‌داری نسبت به شرایط کنترل کاهش پیدا کرد. کاهش مقدار سرب قابل استفاده می تواند به دلیل افزایش جذب سرب توسط بخش آلی و افزایش پیوندهای آلی باشد (Tahmasebian and Safari Sinegani, ۲۰۱۳). در نتیجه کاربرد کلات کننده‌های طبیعی بخش آلی و فلزات پیوندشده با مواد آلی در خاک افزایش می‌یابد. صفری سنجانی و احمدی (۲۰۱۲) نشان دادند که در نتیجه کاربرد کلات کننده‌های طبیعی عصاره کود مرغی و

عصاره کود گاوی بخش پیوندشده کادمیم با مواد آلی افزایش یافت. همچنین در مورد سرب این افزایش فقط زمانی که عصاره کود مرغی استفاده شده بود، مشاهده شد.

منابع

متقیان، ح.ر. و حسین پور، ع.ر. ۱۳۹۲. ارزیابی چند عصاره‌گیر جهت تعیین روی قابل استفاده لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در خاك های آهکی تیمارشده و تیمارنشده با لجن فاضلاب. نشریه آب و خاك (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۷، شماره ۴، صفحه‌های ۷۴۲ تا ۷۵۲.

متقیان، ح.ر.، حسین پور، ع.ر.، رئیسی، ف. و محمدی ج. ۱۳۹۱ .اثر ریزوسفر گندم (*Triticum aestivum* L.) بر قابلیت استفاده و شکل‌های روی در تعدادی از خاکهای آهکی. مجله علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، در دست چاپ.

متقیان، ح.ر.، حسین پور، ع.ر.، رئیسی، ف. و محمدی ج. ۱۳۹۱. ارزیابی چند عصاره گیر جهت تعیین روی قابل استفاده گندم (*Triticum aestivum* L.) در خاك های آهکی تیمارشده و تیمارنشده با لجن فاضلاب. مجله علوم آب و خاك (مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، (در دست چاپ).

مشیری، ف. ۱۳۸۸. رفتار شیمیایی روی در ریزوسفر دو رقم گندم روی کارآمد و غیر کارآمد. رساله دکتری تخصصی، دانشگاه تهران.

Abreu C.A., Angela A.M., Furlani C., Furlani P.R., Abreu M.F. and Bataglia O.C. ۲۰۰۶. Quest of Water Extract Analysis of Micronutrients in Soilless Organic Substrates. Communications in Soil Science and Plant Analysis, ۳۷: ۲۳۲۷-۲۳۳۸.

Barber, S.A. ۱۹۹۵. Soil nutrient Bioavailability. John Wiley and sons. Inc. New York, USA, ۳۸۴p.

Chen, Y.M., Wang, M.K. and Huang, P.M. ۲۰۰۶. Catechin transformation as influenced by aluminum. Journal of Agricultural and Food Chemistry, ۵۴:۲۱۲-۲۱۸.

Feng, M.H., Shan, X.Sh., Zhang, Sh. and Wen, B. ۲۰۰۵. A comparison of the rhizosphere based method with DTPA, EDTA, CaCl۲, and NaNO۳ extraction methods for prediction of bioavailability of metals in soil to barley. Environmental Pollution, ۱۳۷: ۲۳۱-۲۴۰.

Gee G.W. and Bauder J.W. ۱۹۸۶. Particle size analysis. p. ۴۰۴-۴۰۷. In Klute A. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part ۱. ۲nd edition. Agron. Monogr. ۹. ASA and SSSA, Madison, WI.

Jaillard, B., Plassard, C. and Hinsinger, P. ۲۰۰۲. Measurements of H+ fluxes and concentrations in the rhizosphere. In: Rengel, Z. ed. Handbook of Soil Acidity. New York, USA: Marcel Dekker, Pp: ۲۳۱-۲۶۶.

Jones, D.L., Hodge, A. and Kuzyakov, Y. ۲۰۰۴. Plant and mycorrhizal regulation of rhizodeposition. New Phytol. ۱۶۳: ۴۵۹-۴۸۰.

Karczewska A., Orlow K., Kabala C., Szopka K. and Galka B. ۲۰۱۱. Effects of chelating compounds on mobilization and phytoextraction of copper and lead in contaminated soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, ۴۲:۱۳۷۹-۱۳۸۹.

Lasat M.M. ۲۰۰۲. Phytoextraction of toxic metals: A review of biological mechanisms, J Environ. Qual. ۳۱: ۱. ۱۰۹-۱۲۰.

Lindsay W.L. and Norvell W.A. ۱۹۷۸. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal, ۴۲:۴۲۱-۴۲۸.

Loeppert R.H. and Suarez D.L. ۱۹۹۶. Carbonate and gypsum. p ۴۳۷-۴۷۴. In D.L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis. SSSA, Madison.

Marschner, H. ۱۹۹۵. Mineral nutrition of higher plants. (۲nd ed.). Academic Press, London, UK.

Mehlich A. ۱۹۸۴. Mehlich ۳ soil test extractant: A modification of Mehlich ۲ extractant. Communications in Soil Science and Plant Analysis, ۱۵: ۱۴۰۹-۱۴۱۶.

Nelson D.W. and Sommers L.E. ۱۹۹۶. Carbon, organic carbon, and organic matter. p. ۹۶۱-۱۰۱۰. In D.L. Sparks, (ed.) Methods of Soil Analysis. SSSA, Madison.

Rhoades J.D. ۱۹۹۶. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. p. ۴۱۷-۴۳۵. In D.L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis. SSSA, Madison.

Safari Singani A. A. and Ahmadi P. ۲۰۱۲. Manure application and cannabis cultivation influence on speciation of lead and cadmium by selective sequential extraction. Soil Sedimentary Contamination, ۲۱(۳): ۳۰۵-۳۲۱.

Savonina, E.Y., Chernova, R.K., Kozlova, L.M. and Fedotov, P.S. ۲۰۰۵. Fractionation and determination of different lead species in contaminated soils. J. Anal. Chem. ۶۰: ۹. ۸۷۴-۸۷۹.

Soltanpour P.N. and Schwab A.P. ۱۹۷۷. A new soil test for simultaneous extraction of macro- and micro-nutrients in alkaline soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, ۸:۱۹۵-۲۰۷.

Sposito G.L., Lund J. and Chang A.C. ۱۹۸۲. Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid phases. Soil Science Society of America Journal, ۴۶:۲۶۰-۲۶۵.

Sumner M.E. and Miller P.M. ۱۹۹۶. Cation exchange capacity and exchange coefficient. p. ۱۲۰۱-۱۲۳۰. In D.L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis. SSSA, Madison.

Tahmasbian I. and Safari Sinegani A.A. ۲۰۱۳. Monitoring the effects of chelating agents and electrical fields on active forms of Pb and Zn in contaminated soil. Environmental Monitoring and Assessment, ۱۸۵:۸۸۴۷-۸۸۶۰.

Thomas G.W. ۱۹۹۶. Soil pH and soil acidity. p. ۴۷۵-۴۹۰. In D.L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis. SSSA, Madison.

Violante, A., Cozzolino, V., Perelomov, L., Caporale, A.G. and Pigna, M. ۲۰۱۰. Mobility and bioavailability of heavy metals and metalloids in soil environments. J. Soil Sci. Plant Nutr. ۱۰: ۳. ۲۶۸-۲۹۲.

Wenzel, W.W., Kirchbaumer, N., Prohaska, T., Stingeder, G., Lombi, E. and Adriano, D.C. ۲۰۰۱. Arsenic fractionation in soils using an improved sequential extraction procedure. Anal. Chim. Acta. ۴۳۶: ۳۰۹-۳۲۳.

Abstract

Biological, physical and chemical characteristics of rhizosphere, especially availability of elements are different from bulk soil. This research was conducted to assessment of Citric acid, EDTA and poultry manure extract effects on the lead availability in rhizosphere and bulk soil, in sunflower (*Helianthus annuus* L.) in greenhouse condition. Citric acid and EDTA were applied to the soil at concentrations level ۰, ۰.۵ and ۱ mmol kg^{-1} soil and poultry manure extract ۰, ۰.۵ and ۱ gr kg^{-1} soil. For assess Pb bioavailability, ۴ extractants (Distilled water, Mehlich۳, AB-DTPA and DTPA-TEA) were used. The results showed that rhizosphere had significant effect on Pb extractable in soil. The maximum amount of Pb when the citric acid added to the soil and the least amount of Pb when poultry manure extract added to the soil, were exteracted.